



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS KARAKTERISTIK GEOLOGI BAWAH
PERMUKAAN BERDASARKAN *COMPOSITE LOG* SERTA
DATA TEKanan DAN SUHU UNTUK PENENTUAN
PERLAKUAN SUMUR LHD-24, LAPANGAN PANASBUMI
LAHENDONG, SULAWESI UTARA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan Pendidikan
Sarjana Strata-1 pada Fakultas Teknik Departemen Teknik Geologi
Universitas Diponegoro**

**SHERLY MONALISA SILITONGA
21100112130056**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Sherly Monalisa Silitonga

NIM : 21100112130056

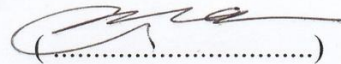
Jurusan/Program Studi : Teknik Geologi

Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Geologi Bawah Permukaan Berdasarkan *Composite Log* serta Data Tekanan dan Suhu untuk Penentuan Perlakuan Sumur LHD-24, Lapangan Panasbumi Lahendong, Sulawesi Utara

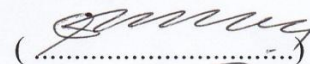
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan/Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

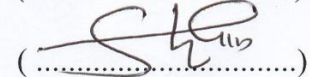
Penguji I : Ir. Prakosa Rachwibowo, MS.

()

Penguji II : Yoga Aribowo, ST., MT.

()

Penguji III : Fahrudin, ST., MT.

()

Semarang, 7 Desember 2016

Ketua Departemen



Najib, ST., M.Eng, Ph.D

NIP. 19771020 200501 1 001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Sherly Monalisa Silitonga

NIM : 21100112130056

Tanggal : 7 Desember 2016

Tanda Tangan :



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas academica Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sherly Monalisa Silitonga
NIM : 21100112130056
Departemen : Teknik Geologi
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Analisis Karakteristik Geologi Bawah Permukaan Berdasarkan *Composite Log* serta Data Tekanan dan Suhu untuk Penentuan Perlakuan Sumur LHD-24, Lapangan Panasbumi Lahendong, Sulawesi Utara”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 7 Desember 2016

Yang menyatakan



Sherly Monalisa Silitonga

KATA PENGANTAR

Lapangan panasbumi Lahendong sebagai lokasi objek studi berada pada lengan utara pulau Sulawesi tepatnya di Provinsi Sulawesi Utara. Hingga tahun 2016 ini, lapangan panasbumi Lahendong telah menjadi pemasok energi listrik bagi Provinsi Sulawesi Utara dengan kapasitas produksi energi listrik sebesar 80 MW. Meskipun demikian, penyelidikan geosains terpadu dalam upaya pengembangan lapangan ini masih terus dilakukan untuk tujuan peningkatan kapasitas produksi listrik mengingat kebutuhan listrik Provinsi Sulawesi Utara yang terus meningkat.

Hingga pada waktu penelitian ini diketahui setidaknya telah dilakukan pengeboran sebanyak 24 sumur pada lapangan panasbumi Lahendong. Penelitian sebelumnya telah menghasilkan informasi rinci mengenai kondisi geologi dan potensi panasbumi dari 23 sumur lainnya (LHD-1 hingga LHD-23). Studi pada tugas akhir ini bertujuan untuk menjelaskan informasi geologi bawah permukaan sumur LHD-24 meliputi litologi, alterasi dan permeabilitas serta untuk mengetahui potensi reservoir sumur LHD-24. Informasi geologi bawah permukaan dan potensi reservoir tersebut diperoleh berdasarkan analisis *composite log* serta data suhu dan tekanan sumur LHD-24.

Dengan dilakukan penerapan interpretasi geologi pada studi ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran model sistem panasbumi serta saran perlakuan reservoir yang tepat untuk sumur LHD-24.

Semarang, 7 Desember 2016

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak mendapat bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Allah atas anugerah keselamatan dan penyertaan-Nya yang tak berkesudahan dalam hidup ini.
2. Segenap keluarga Silitonga terkasih di Depok, Ayahanda Herbert Donald Silitonga dan Ibunda Sri Rustami, Abang Freddy Guntur Mangapul Silitonga dan Abang Dicky Januarizky Silitonga atas segala dukungan doa, teladan dan kasih sayangnya.
3. Bapak Najib, ST., M.Eng, Ph.D selaku ketua Departemen Teknik Geologi, Universitas Diponegoro atas dukungan akademis selama berkuliah di Teknik Geologi Undip.
4. Bapak Ir. Hadi Nugroho, Dipl. EGS, MT. selaku ketua Departemen Teknik Geologi, Universitas Diponegoro periode sebelumnya atas dukungan akademis selama berkuliah di Teknik Geologi Undip.
5. Bapak Ir. Henarno Pudjihardjo, MT. atas arahan akademis sebagai dosen wali selama berkuliah di Teknik Geologi Undip.
6. Bapak Ir. Prakosa Rachwibowo, MS. sebagai dosen pembimbing ke-1 dan Bapak Yoga Aribowo, ST., MT. sebagai dosen pembimbing ke-2 yang telah mengajarkan berbagai ilmu dan memotivasi selama proses bimbingan Tugas Akhir.
7. Bapak Dr. Eng. Agus Setyawan, M.Si yang telah berbagi ilmu dan saran pada diskusi singkat pra-Tugas Akhir.
8. Segenap pihak Pertamina Upstream Technology Center yang telah memfasilitasi dan membimbing selama pengolahan data Tugas Akhir, khususnya Bapak M. Yustin Kamah selaku *senior advisor of New Energy and Green Technology* Pertamina UTC dan sebagai pembimbing Tugas Akhir di Pertamina UTC, Bapak Djedi Setyo Widarto selaku *chief of New Energy and Green Technology* Pertamina UTC, Bapak Yunis dan Bapak Jatmiko Prio Atmojo selaku *senior advisor of New Energy and Green Technology* Pertamina UTC, Kak Chevy, Kak Hanif, Kak Shabrina, dan Kak Haris selaku *staff of New Energy and Green Technology* Pertamina UTC.
9. Segenap dosen, pegawai kampus, mahasiswa dan alumni Teknik Geologi Undip atas segala pelayanan dan bantuannya selama ini.
10. Teman-teman Teknik Geologi angkatan 2012 atas persaudaraan dan keakraban selama empat tahun belakangan ini.
11. Agatha Armadhea Vashti, Dewi Mindasari, Nicolas Jalu Pangesty, Ryan Jodi Pratama sebagai sahabat-sahabat terbaik dalam suka dan duka, yang setia saling menempa karakter serta memotivasi selama empat tahun pendidikan di Teknik Geologi Undip.
12. Sahabat forum *multiple chat* media sosial LINE Denni Utomo Herbowo Putra, Bagus Rachmad Irwansyah, Rina Revina Panjaitan, Tommy

Supratama, Rachdian Eko Suprpto, Siti Rofikoh, Diah Wijitianti, Anindya Estiandari, Firdaus Lazuardi, Taufik Akbar Legowo, Muhammad Idham Fauzan, Muhammad Frasetio Pambudi, Lukluk Mahya Rahmah, Yoga Adhitama, Fajar Mardianto, Octarosa Astri Ponjasari, Nency Preptisa, dan Ilham Hani Pratama atas diskusi Tugas Akhir, pengorbanan waktu, penghiburan, dan momen kebersamaan terbaik selama dua semester terakhir ini.

13. Rianti Demerista Manullang, Christy Magdalena Simanjuntak dan Inado Grace Simarmata sebagai kakak dan sahabat yang terpisah ruang waktu, atas motivasi, bantuan dan doanya selama pelaksanaan kuliah di Undip.
14. Jenian Marin, Meilin Aprilika Br. Singarimbun, Achmad Rizal, Jonathan Humala Efraem Hutasoit, Veronico Hutahaeon, Andreas Lukman Setiawan dan Zul Hayuddin Hasibuan sebagai senior yang telah berbagi ilmu, pengalaman dan referensi belajar selama penyusunan Tugas Akhir ini.
15. Magdalena Nilam Sari, Faruk Averro, dan Dimas Ahmad Syafei (jurusan Geofisika Universitas Indonesia), Ryan (Teknik Geofisika UPN Veteran Jogjakarta), Sarah Carrera dan Mu'lif Solih (Teknik Geologi Universitas Jenderal Soedirman) sebagai teman seperjuangan selama pelaksanaan Tugas Akhir di Pertamina UTC.

Semarang, 7 Desember 2016

Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

Beginilah firman TUHAN:

“Janganlah orang bijaksana bermegah karena kebijaksanaannya,
Janganlah orang kuat bermegah karena kekuatannya,
Janganlah orang kaya bermegah karena kekayaannya,
Tetapi siapa yang mau bermegah,
baiklah bermegah karena yang berikut:
Bahwa ia memahami dan mengenal Aku,
bahwa Akulah TUHAN yang menunjukkan kasih setia,
keadilan dan kebenaran di bumi;
sungguh, semuanya itu Ku-sukai, demikianlah firman TUHAN”
(Yeremia 9:23-24)

- To God be The Glory -

ABSTRAK

Lapangan panasbumi Lahendong merupakan lapangan panasbumi di Indonesia dengan kapasitas produksi listrik mencapai 80 MW. Potensi lapangan panasbumi Lahendong hingga saat ini masih dieksplorasi lebih lanjut dengan tujuan peningkatan kapasitas produksi sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik Provinsi Sulawesi Utara yang semakin meningkat.

Penelitian dilakukan dengan analisis *composite log*, data tekanan dan suhu sumur LHD-24 yang dikompilasikan dengan data sumur LHD-23, data penyelidikan Magnetotellurik (MT) dan analisis geokimia air manifestasi panasbumi Lahendong dari penelitian terdahulu. Analisis *composite log* dilakukan untuk mengetahui karakteristik geologi bawah permukaan meliputi litologi, tipe alterasi dan zona permeabel sumur LHD-24 yang digambarkan dalam model dua dimensi sistem panasbumi. Analisis data tekanan dan suhu dilakukan untuk mengetahui potensi reservoir sumur LHD-24 sehingga dapat diperkirakan perlakuan reservoir yang tepat untuk peningkatan kapasitas produksi sumur LHD-24.

Sumur LHD-24 memiliki variasi litologi berupa breksi andesit, breksi andesit terubah, breksi tuff terubah, andesit basaltik terubah dan andesit terubah. Tipe alterasi yang dijumpai pada batuan di sumur LHD-24 adalah alterasi tipe argilik dan tipe propilitik. Kedalaman sumur LHD-24 yang memiliki permeabilitas masa kini berada pada kedalaman 1620-2043 meter, hal ini diindikasikan dengan terjadinya *partial loss circulation*. Hasil pengukuran suhu reservoir LHD-24 menunjukkan suhu reservoir LHD-24 mencapai 258.94 °C, dengan demikian berdasarkan suhu reservoirnya sumur LHD-24 memiliki potensi untuk dikembangkan karena tergolong dalam sistem panasbumi temperatur tinggi dengan suhu >225°C (Hochstein, 1990). Berdasarkan perhitungan waktu pencapaian suhu ideal produksi yang ditunjukkan oleh nilai suhu *Boiling Point with Depth* (BPD), waktu yang dibutuhkan reservoir sumur LHD-24 mencapai suhu BPD adalah lima tahun. Sedangkan untuk mempercepat pencapaian suhu BPD tersebut, dapat dilakukan rekayasa dengan injeksi Nitrogen ke sumur LHD-24 sehingga titik didih fluida reservoir menurun.

Kata kunci: Kapasitas reservoir, *composite log*, suhu dan tekanan, karakteristik geologi, perlakuan reservoir.

ABSTRACT

Lahendong geothermal field is the one of geothermal field in Indonesia with a production capacity reaching 80 MW electricity. Lahendong geothermal field's potential is still need to be explored with the aim of increasing production capacity to fulfill the increasing electricity need of North Sulawesi province. This study is carried out by the analysis of composite logs, pressure data and temperature of well LHD-24 compiled with nearby well which is well LHD-23, Lahendong magnetotelluric (MT) model and geochemical analyzes of Lahendong geothermal manifestations from the previous researches.

Composite logs analysis is conducted to determine subsurface geological characteristics include lithology, alteration type and permeable zone of well LHD-24, those characteristics are described in a two-dimensional model of the geothermal system. Pressure and temperature data analysis are conducted to determine the potential reservoir of well LHD-24, so it can be estimated the proper treatment to increase reservoir production capacity of well LHD-24.

LHD-24 lithological variations consist of andesite breccias, altered andesite breccia, altered tuff breccia, altered basaltic andesite and altered andesite. Types of alteration found in well LHD-24 are argillic alteration and propylitic alteration. Good permeability in well LHD-24 is found at depth of 1620-2043 meters indicated by the occurrence of partial loss circulation. The result of temperature measurements reservoir LHD-24 shows that reservoir temperature was reaching 258.94° C, based on well LHD-24 reservoir temperature, it has potential to be developed as high temperature geothermal systems with temperatures >225°C (Hochstein, 1990). Based on the calculation of ideal temperature production indicated by the temperature of Boiling Point with Depth (BPD), well LHD-24 needs time to reach the temperature of BPD for five years. Meanwhile to accelerate the attain of the BPD temperature, can be done with engineered by Nitrogen injection into well LHD-24 with the aim of decreasing the boiling point of the reservoir.

Keywords: Reservoir capacity, composite log, temperature and pressure, geological characteristics, reservoir treatment.

DAFTAR ISTILAH

Boiling Point with Depth (BPD): Nilai titik didih fluida cair reservoir pada kedalaman tertentu yang merupakan hasil perhitungan dari nilai suhu dan tekanan sumur.

Composite log: Himpunan data hasil pengeboran sumur, meliputi informasi litologi, kelimpahan mineral sekunder beserta intensitas dan tipe alterasi dari hasil pengamatan serbuk bor, rekaman instrumen pengeboran, *mud report*, serta laporan indikasi keterdapatannya gas H₂S dan CO₂.

Hydraulic fracturing: Rekayasa yang dilakukan untuk meningkatkan permeabilitas litologi bawah permukaan dengan membuat rekahan dari injeksi fluida bertekanan tinggi.

Loss circulation: Masuknya lumpur pengeboran ke dalam formasi yang memiliki permeabilitas untuk melewatkan fluida. Istilah *partial loss circulation* (PLC) digunakan apabila sebagian lumpur pengeboran masuk ke dalam rekahan pada formasi, sedangkan *total loss circulation* (TLC) digunakan apabila terjadi masuknya seluruh lumpur pengeboran ke dalam rekahan pada formasi.

Mud report: Rekaman informasi mengenai lumpur pengeboran, meliputi jenis lumpur yang digunakan, peristiwa *loss circulation*, suhu lumpur masuk (*mud temperature in*), suhu lumpur keluar (*mud temperature out*) dan komposisi lumpur.

Updome resistivity: Kenampakan penampang magnetotellurik yang menunjukkan adanya nilai resistivitas tertentu dengan bentuk seperti kubah.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISTILAH	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Maksud	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
1.8 Penelitian Terdahulu.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Panasbumi.....	6
2.2 Aplikasi Katalis Nitrogen dalam <i>Enhanced Geothermal System</i>	10
2.3 Penyusunan Model Sistem Panasbumi.....	12
2.3.1 Rekaman Pengeboran	12
2.3.2 Komponen Geologi Bawah Permukaan	15
2.4 Geologi Regional Daerah Penelitian	18
2.4.1 Stratigrafi Lahendong.....	20
2.4.2 Tektonika dan Struktur Geologi Lahendong	23
2.4.3 Geomorfologi Lahendong	26
2.5 Geofisika Daerah Penelitian.....	29
2.6 Geokimia Daerah Penelitian.....	30
2.7 Sumur LHD-23.....	34
2.7.1 Litologi Sumur LHD-23	36
2.7.2 Zonasi Alterasi Hidrotermal dan Zonasi Sistem Panasbumi Sumur LHD-23.....	36
2.8 Hipotesis	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tahapan Penelitian	39
3.1.1 Tahap Persiapan	39

	3.1.2 Tahap Studi Pustaka	39
	3.1.3 Tahap Analisis Data	39
	3.1.4 Tahap Penulisan Laporan	42
	3.1.5 Diagram Alir.....	42
3.2	Alat dan Data Penelitian	43
	3.2.1 Alat	43
	3.2.2 Data	43
BAB IV	HASIL PENELITIAN	
4.1	Analisis <i>Composite Log</i> Sumur LHD-24	45
	4.1.1 Litologi	45
	4.1.2 Mineral Sekunder	52
	4.1.3 Model Sistem Panasbumi Sumur LHD-24.....	67
4.2	Analisis Suhu dan Tekanan Sumur LHD-24	70
	4.2.1 Suhu Sumur LHD-24.....	70
	4.2.2 Tekanan Sumur LHD-24	72
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan.....	79
5.2	Saran	80
	DAFTAR PUSTAKA	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta lokasi objek penelitian, sumur LHD-24 lapangan panasbumi Lahendong	4
Gambar 2.1	Model konseptual sistem panasbumi tipe volkanogenik.....	7
Gambar 2.2	Model konseptual sistem panasbumi tipe nonvolkanogenik ...	8
Gambar 2.3	Ilustrasi pengisian rongga dan suhu serta tekanan sistem panasbumi dominasi uap (kiri) dan air (kanan)	11
Gambar 2.4	Model konseptual sistem panasbumi lapangan Awibengkok	13
Gambar 2.5	<i>Composite log</i> sumur LHD-24 lapangan panasbumi Lahendong.....	15
Gambar 2.6	Peta lokasi objek penelitian, sumur LHD-24 lapangan panasbumi Lahendong	21
Gambar 2.7	Stratigrafi lapangan panasbumi Lahendong.....	23
Gambar 2.8	Tatanan tektonik Sulawesi Utara bagian timur	24
Gambar 2.9	Peta geologi lapangan panasbumi Lahendong	26
Gambar 2.10	Peta geomorfologi lapangan panasbumi Lahendong	28
Gambar 2.11	Penampang magnetotellurik 2D arah sumur LHD-23 lapangan panasbumi Lahendong.....	30
Gambar 2.12	Peta manifestasi dan struktur geologi lapangan panasbumi Lahendong	31
Gambar 2.13	Diagram segitiga Cl- SO ₄ -HCO ₃ manifestasi lapangan panasbumi Lahendong	32
Gambar 2.14	Litologi, distribusi mineral alterasi dan zonasi alterasi sumur LHD-23 hingga kedalaman 910 meter TVD.....	34
Gambar 2.15	Litologi, distribusi mineral alterasi dan zonasi alterasi sumur LHD-23 hingga kedalaman 1680 meter TVD.....	35
Gambar 2.16	Litologi, suhu, tekanan, loss circulation zone, zonasi alterasi sumur LHD-23	37
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	44
Gambar 4.1	Ilustrasi Kondisi Suhu Sistem Panasbumi.....	56
Gambar 4.2	Kolom perbandingan suhu masa lampau dan suhu masa kini sumur LHD-24	57
Gambar 4.3	Zonasi Tipe Alterasi Sumur LHD-24	59
Gambar 4.4	Peta manifestasi dan struktur geologi lapangan Lahendong....	60
Gambar 4.5	Korelasi zona alterasi sumur LHD-24 dan sumur LHD-23	61
Gambar 4.6	Potensi Permeabilitas Bawah Permukaan dan Zonasi Sistem Panasbumi Sumur LHD-24	66
Gambar 4.7	Model sistem panasbumi sumur LHD-24	67
Gambar 4.8	Kurva perubahan suhu kedalaman 1600 mKu sumur LHD-24	71
Gambar 4.9	Kurva Tekanan Sumur LHD-24.....	72
Gambar 4.10	Kurva BPD sistem panasbumi dominasi air	74
Gambar 4.11	Kurva Boiling Point with Depth (BPD) sumur LHD-24	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi sistem panasbumi berdasarkan suhu reservoir	10
Tabel 2.2	Kisaran suhu pembentukan mineral sekunder berdasarkan mineral hidrotermal di Wairakei, New Zealand	19
Tabel 2.3	Data analisis unsur kimia manifestasi mataair panas lapangan panasbumi Lahendong	33
Tabel 4.1	Komposisi dan intensitas alterasi breksi andesit terubah	48
Tabel 4.2	Komposisi dan intensitas alterasi breksi tuff terubah	49
Tabel 4.3	Komposisi dan intensitas alterasi andesit basaltis terubah	51
Tabel 4.4	Komposisi dan intensitas alterasi andesit terubah	52
Tabel 4.5	Klasifikasi kisaran suhu stabil dari kumpulan mineral sekunder .	53
Tabel 4.6	Klasifikasi kisaran suhu stabil dari kumpulan mineral sekunder Sumur LHD-24 kedalaman 100-140 meter	53
Tabel 4.7	Klasifikasi kisaran suhu stabil dari kumpulan mineral sekunder Sumur LHD-24 kedalaman 140-200 meter	53
Tabel 4.8	Klasifikasi kisaran suhu stabil dari kumpulan mineral sekunder Sumur LHD-24 kedalaman 200-870 meter	54
Tabel 4.9	Klasifikasi kisaran suhu stabil dari kumpulan mineral sekunder Sumur LHD-24 kedalaman 870-1110 meter	54
Tabel 4.10	Klasifikasi kisaran suhu stabil dari kumpulan mineral sekunder Sumur LHD-24 kedalaman 1110-1370 meter	54
Tabel 4.11	Klasifikasi kisaran suhu stabil dari kumpulan mineral sekunder Sumur LHD-24 kedalaman 1370-1930 meter	55
Tabel 4.12	Klasifikasi kisaran suhu stabil dari kumpulan mineral sekunder Sumur LHD-24 kedalaman 1930-2040 meter	55
Tabel 4.13	Distribusi suhu sumur LHD-24 dalam 2.75 tahun	75
Tabel 4.14	Nilai suhu dan tekanan pada pengukuran 6 Juli 2009 dan 12 April 2012	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	<i>Composite log</i> sumur LHD-24..... (Lampiran Lepas)	
Lampiran 2	Hasil pengukuran suhu dan tekanan sumur LHD-24 6 Juli 2009.....	83
Lampiran 3	Hasil pengukuran suhu dan tekanan sumur LHD-24 9 Desember 2009	84
Lampiran 4	Hasil pengukuran suhu dan tekanan sumur LHD-24 5 Agustus 2010	85
Lampiran 5	Hasil pengukuran suhu dan tekanan sumur LHD-24 25 September 2010	86
Lampiran 6	Hasil pengukuran suhu dan tekanan sumur LHD-24 11 Oktober 2010	87
Lampiran 7	Hasil pengukuran suhu dan tekanan sumur LHD-24 7 Januari 2011	88
Lampiran 8	Hasil pengukuran suhu dan tekanan sumur LHD-24 12 Mei 2011	89
Lampiran 9	Hasil pengukuran suhu dan tekanan sumur LHD-24 27 Mei 2011	90
Lampiran 10	Hasil pengukuran suhu dan tekanan sumur LHD-24 12 April 2012	91
Lampiran 11	Peta Lokasi Line Penyelidikan Geofisika Magnetotellurik	92
Lampiran 12	Penampang Magnetotellurik (MT) <i>Line</i> 1 Lapangan Panasbumi Lahendong	93